

Теплові двигуни

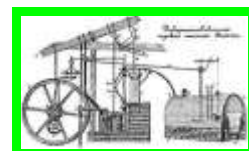
Знайомимо із принципом дії теплових двигунів

Внутрішньою енергією володіють всі тіла — земля, цеглини, хмари й так далі. Однак найчастіше вилучити її важко, а часом й неможливо. Найбільш легко на потреби людини може бути використана внутрішня енергія лише деяких, образно кажучи, «горючих» й «гарячих» тіл. До них належать: нафта, вугілля, теплі джерела поблизу вулканів і так далі.

Розвиток техніки залежить від уміння використовувати величезні запаси внутрішньої енергії, що міститься в паливі. Використати внутрішню енергію — значить виконати за рахунок її корисну роботу, тобто внутрішню енергію необхідно перетворити в механічну.

З тих пір як людство пізнало природу теплової енергії, учені почали пошук способу перетворення теплової енергії в механічну.

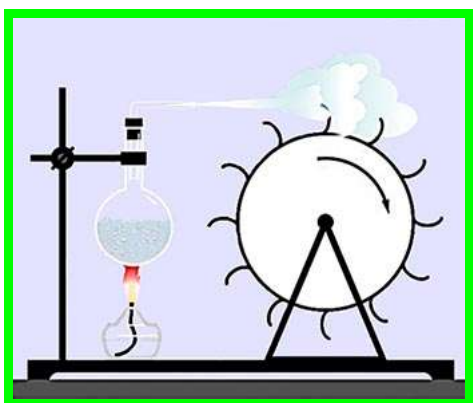
Над винаходом теплових машин в XVII–XVIII століттях працювали англійці Томас Севері, Джеймс Уатт, Томас Ньюкомен, француз Дені Папен, росіянин Іван Ползунов і багато інших учених.



Принцип роботи всіх теплових двигунів дуже простий: всі вони перетворюють внутрішню енергію палива в механічну енергію.

Але як перетворити внутрішню енергію в механічну?

Зміцнимо невелику колбу з вигнутою трубкою над спиртівкою, а пару, що виходить із трубки, спрямуємо на колесо з лопатями. Ударяючи в лопаті колеса, струмінь пари приводить колесо в рух.



При цьому внутрішня енергія палива частково перетворюється в механічну енергію колеса. У нашому досліді ми побудували найпростішу модель теплового двигуна.

- **Тепловими двигунами** називають машини, у яких внутрішня енергія палива частково перетворюється в механічну енергію.

Розширення робочого тіла — найважливіший процес у роботі будь-якого теплового двигуна. За допомогою демонстрацій потрібно показати учням, що газ, який має надлишковий тиск порівняно з навколишнім середовищем, може виконати роботу розширення за рахунок зміни своєї внутрішньої енергії.

Звичайно в тепловому двигуні роботу виконує сила тиску нагрітого газу (пари) при розширенні. Цей газ (або пару) називають робочим тілом теплового двигуна. Нагрівають пару за рахунок згоряння палива. Таким чином, у тепловому двигуні відбуваються такі перетворення енергії:

- 1) при згорянні палива його внутрішня енергія перетворюється у внутрішню енергію нагрітої пари;
- 2) розширюючись, пара виконує роботу, при цьому внутрішня енергія пари частково переходить у механічну енергію.

Парова турбіна

Для перетворення теплової енергії в механічну на теплових й атомних електростанціях використовують парові турбіни.

В основу дії турбіни покладене обертання колеса з лопатями під тиском водяної пари або газу.

Парова турбіна — тепловий двигун, у якому внутрішня енергія водяної пари перетворюється в механічну енергію. Для одержання водяної пари служать спеціальні парові казани, у яких за рахунок спалювання палива одержують водяну пару за підтримання дуже великого тиску (до $3 \cdot 10^7$ Па) і дуже високої температури (до 600°C).

Вище на рисунку був показаний принцип роботи парової турбіни. Струмені пари, що вириваються із сопел, чинять значний тиск на лопаті й приводять диск турбіни у швидкий обертний рух.

У сучасних турбінах застосовують не один, а кілька дисків, насаджених на загальний вал. Пара послідовно проходить через лопаті всіх дисків, віддаючи кожній з них частину своєї енергії.



Поступово дедалі ширшого застосування здобувають газові турбіни, у яких замість пари використовуються продукти згоряння газу.

Реактивний двигун

Надуємо дитячу повітряну кульку й відпустимо її. Ми помічаємо, що куля летить у бік, протилежний тому, куди виходить з неї повітря.

Зміцнімо колбу з вигнутою трубкою на візку над спиртівкою. Пара, що виходить із трубки, буде штовхати візок.



Що спільного в цих дослідах? Насамперед, спільне те, що відбувається взаємодія двох тіл: у першому досліді взаємодіють куля й повітря, що вилітає з нього; у другому — пара й візок.

Спільне й те, що тіла, які взаємодіють, відштовхуються одне від одного й у результаті взаємодії рухаються в протилежних напрямках.

- *Рух, за якого тіло змінює швидкість, відкидаючи свою частину, називають **реактивним**.*

Найбільш простим за будовою твердопаливним реактивним двигуном є сигнальна ракета. Після запуску ракети тверде паливо в ракеті запалюється. Гази, що утворюються при цьому, випливають із отвору з великою швидкістю, а сама ракета рухається в протилежну сторону.

Рідинний реактивний двигун відрізняється від твердопаливного тільки видом палива. Паливо й окисник спеціальними насосами подаються в розпиленому вигляді в камеру згоряння. Гази, що утворилися в камері згоряння, викидаються з великою швидкістю, відштовхуючись від її стінок. У результаті ракета рухається в бік, протилежний руху газів.

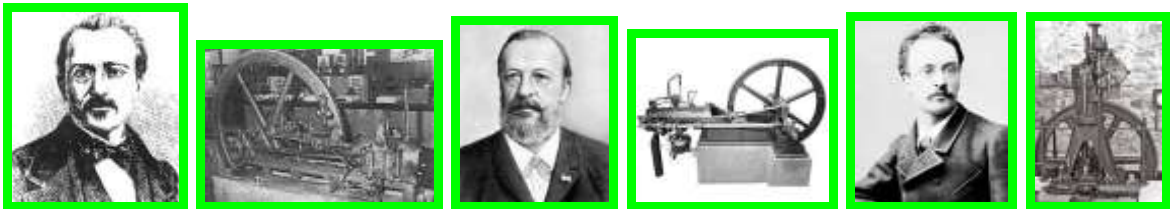
Реактивний рух — єдиний спосіб переміщення в космосі, тому на космічних ракетах ставлять реактивні двигуни.



Двигун внутрішнього згоряння.

Двигунами внутрішнього згоряння називають велику групу двигунів, у яких згоряння палива відбувається усередині двигуна.

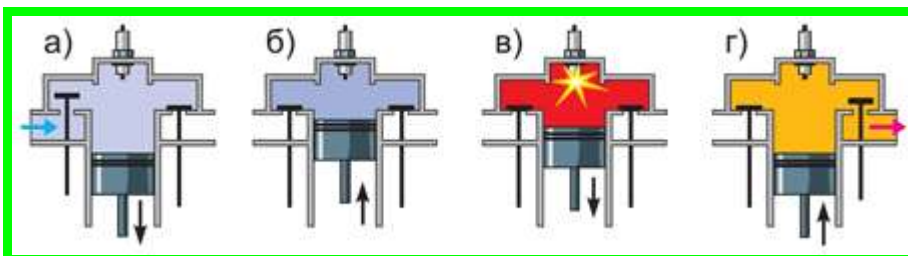
Перший двигун внутрішнього згоряння винайшов 1860 р. французький інженер Етьєн Ленуар. У 1876 р. німецький інженер Ніколаус Отто запропонував більш досконалий двигун. У 1897 р. німецький інженер Рудольф Дизель запропонував ще досконаліший двигун, згодом названий дизелем.



Робота двигуна внутрішнього згоряння складається з декількох повторюваних один за одним етапів, або, як кажуть, **тактів**. Усього їх чотири. Відлік тактів починається з моменту, коли поршень перебуває в крайній верхній точці й обидва клапани закриті.

Перший такт називається впуск (див. *рисунок а*). Впускний клапан відкривається, і поршень, що опускається, засмоктує бензиново-повітряну суміш усередину камери згоряння. Після цього впускний клапан закривається.

Другий такт — стиск (*рисунок б*). Поршень, піднімаючись угору, стискає бензиново-повітряну суміш.



Третій такт — робочий хід поршня (*рисунок в*). На кінці свічі спалахує електрична іскра. Бензиново-повітряна суміш майже миттєво згоряє, і в циліндрі виникає висока температура. Це призводить до сильного зростання тиску, і гарячий газ виконує корисну роботу — штовхає поршень униз.

Четвертий такт — випуск (*рисунок 2*). Випускний клапан відкривається, і поршень, рухаючись угору, виштовхує гази з камери згоряння у вихлопну трубу. Потім клапан закривається.

Отже, один робочий цикл двигуна відбувається упродовж чотирьох тактів. При цьому колінчатий вал робить два повних оберти. Отже, у двигуні внутрішнього згоряння нагрівачем є бензин, що згоряє, робочим тілом — розпечені гази, холодильником — навколишнє середовище.

В автомобільних двигунах ставлять часто кілька циліндрів. Дію їх узгоджують так, щоб при кожному такті в якомусь циліндрі здійснювався робочий хід: тоді при кожному такті вал одержує енергію від одного або декількох циліндрів.

Завдяки малій масі при порівняно великій потужності двигуни внутрішнього згоряння здобули найширшого застосування на транспорті: з'явилися автомобілі, тепловози, теплоходи, літаки.

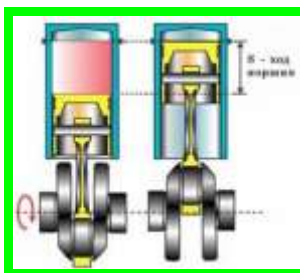


Перетворення енергії при роботі теплового двигуна

На початку уроку у формі бесіди з учнями з'ясовуємо питання:

«Що ж спільного в принципі роботи всіх видів теплових двигунів?»

Відповідь на це питання підказує зміст вивченого матеріалу: у кожному тепловому двигуні роботу виконує сила тиску нагрітої пари (газу), що розширюється: у паровій турбіні вона тисне на лопаті турбіни, у реактивному — штовхає ракету, а у двигуні внутрішнього згоряння — штовхає поршень у циліндрі. Цю пару називають робочим тілом теплового двигуна.



Нагрівання газу відбувається завдяки спалюванню палива: на теплових електростанціях — вугілля, газу або мазуту, у ракетах — ракетного палива, у двигунах внутрішнього згоряння — бензину або дизельного палива.

- Таким чином, у тепловому двигуні відбуваються такі перетворення енергії:
- при спалюванні палива його внутрішня енергія переходить у внутрішню енергію пари (газу);
- розширюючись, газ виконує роботу — при цьому внутрішня енергія газу частково перетворюється в механічну енергію.

На рисунку схематично показані перетворення енергії в тепловому двигуні.



Тут Q_1 — кількість теплоти, передана робочому тілу (газу) при спалюванні палива; A — виконувана двигуном механічна робота (наприклад, з розгону автомобіля); Q_2 — кількість теплоти, передана навколишньому середовищу. З наведеної схеми видно, що при роботі теплового двигуна далеко не вся енергія, що виділилася при згорянні палива, перетворюється в механічну: значна кількість теплоти передається навколишньому середовищу. Ось чому в будь-якому тепловому двигуні є пристрій, спеціально призначений для охолодження двигуна. Без постійного охолодження двигуна він перестав працювати.

На рисунку ширина стрілок приблизно відповідає числовим значенням відповідних величин.

На початку XIX століття французький учений Саді Карно в роботі «Міркування про рушійну силу вогню й машини, здатних розвивати цю силу» довів, що тепловий двигун може працювати тільки за умови, що значна частина енергії, яка виділилася при згорянні палива, передається за допомогою теплообміну навколишньому середовищу.

Коефіцієнт корисної дії

У 1824 році С. Карно встановив, що тепла машина повинна складатися з нагрівника, робочого тіла, що, власне, виконує роботу й холодильника (охолоджувача).



Така машина буде виконувати роботу, якщо температура охолоджувача нижче температури нагрівника. За законом збереження енергії ця робота дорівнюватиме $A = Q_1 - Q_2$.

Ефективність теплового двигуна тим вище, чим більше робота A , виконана двигуном, за тієї ж кількості теплоти Q_1 , що виділилася при згорянні палива.

- **Коефіцієнтом корисної дії** η теплового двигуна називають виражене у відсотках відношення роботи A , виконаної двигуном, до кількості теплоти Q_1 , що виділилася при згорянні палива:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} \cdot 100\%.$$

Оскільки робота $A = Q_1 - Q_2$, то

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%.$$

Зважаючи на те, що передана навколишньому середовищу кількість теплоти Q_2 завжди більше нуля, коефіцієнт корисної дії будь-якого теплового двигуна менше 100 %. Це означає, що на механічну енергію можна перетворити тільки частину енергії, яка виділилася при згорянні палива.

Із часів появи перших теплових двигунів учені й інженери прагнули максимально збільшити їх ККД. І вони досягли значних успіхів: якщо ККД перших парових машин становив усього лише близько 1 %, а ККД паровозів — близько 5 %, то ККД сучасних двигунів внутрішнього згорання досягає 35–40 %. Такий же приблизно ККД сучасних парових турбін на теплових електростанціях.



Екологічні проблеми використання теплових двигунів

У своєму житті ми постійно зустрічаєтесь з різноманітними двигунами. Вони надають рух автомобілям і літакам, тракторам, кораблям й залізничним локомотивам. Електричний струм виробляється переважно за допомогою

теплових машин. Саме поява й подальше поширення теплових машин забезпечили можливість для швидкого розвитку промисловості в XVIII–XX ст.

Робота теплових машин пов'язана з використанням викопного палива. Сучасне світове співтовариство використовує енергетичні ресурси у величезних масштабах. Наприклад, за 2007 рік енергоспоживання склало приблизно $5 \cdot 10^{17}$ кДж.

Всі теплові втрати в різних теплових двигунах призводять до підвищення внутрішньої енергії оточуючих тіл і, врешті-решт, атмосфери. Здавалося б, що вироблення $5 \cdot 10^{17}$ кДж енергії за рік, віднесена до площі освоєної людиною суші (8,5 млрд га), дасть незначну величину $0,15 \text{ Вт/м}^2$ порівняно з надходженням променистої енергії Сонця на земну поверхню: $1,36 \text{ кВт/м}^2$.

Топки теплових електростанцій, двигуни внутрішнього згоряння автомобілів, літаків й інших машин викидають в атмосферу шкідливі для людини речовини, наприклад сірчисті сполуки, оксиди азоту, вуглеводні, чадний газ, хлор і т. ін. Ці речовини потрапляють в атмосферу, а з неї — у різні частини ландшафту. Оксиди сірки й азоту поєднуються з атмосферною вологою, утворюючи сульфатну й нітратну кислоти.

Забруднення повітря й водойм, загибель хвойних лісів і багато інших свідчень катастрофічного становища природи відзначено в ряді регіонів України й азійської частини Росії.

Застосування парових турбін на електростанціях вимагає багато води й великих площ, які відводяться під ставки для охолодження відпрацьованої пари. Зі збільшенням потужності електростанцій потреба у воді й нових площах різко зростає.

Величезна кількість продуктів згоряння палива, зокрема, вуглекислий газ, зумовлюють виникнення так званого «парникового ефекту».

Справа в тому, що вуглекислий газ вільно пропускає енергію сонячного випромінювання до Землі, але не «випускає» назад у космічний простір теплове випромінювання нагрітої Сонцем поверхні Землі. У результаті температура повітря поблизу земної поверхні підвищується.

Посилення парникового ефекту, обумовлене викидами величезних кількостей вуглекислого газу, може призвести до глобального потепління, що загрожуватиме катастрофічними наслідками. Наприклад, воно вже почало призводити до танення полярних льодів і гірських льодовиків, і, якщо парниковий ефект буде посилюватися, рівень Світового океану почне підніматися. За деякими оцінками, він може піднятися більш ніж на метр, що призведе до затоплення величезних прибережних територій.

Захист навколишнього середовища

Людство не може відмовитися від використання машин у своїй діяльності. Тому боротьба зі шкідливими наслідками роботи теплових двигунів ведеться за декількома напрямками.

Перший напрямок: удосконалення теплових двигунів, підвищення їх ККД дозволяє одержувати ту саму механічну енергію при спалюванні меншої кількості палива.

Другий напрямок: використання енергозберігаючих технологій — при цьому споживання енергії на виробництво тієї самої продукції (наприклад, одного автомобіля) значно зменшується.

Третій напрямок: пошук і використання джерел енергії, у яких не спалюють паливо. Це, наприклад, атомні електростанції, проєктовані термоядерні електростанції, використання енергії Сонця, вітру, морських припливів тощо. Необхідність значно знизити викид забруднюючих речовин призвела до використання нових видів палива, зокрема до будівництва атомних електростанцій (АЕС). Але на атомних електростанціях виникають інші проблеми: поховання небезпечних радіоактивних відходів, а також проблема безпеки.